

REUTILIZACION DEL DESECHO DE PVC COMO AGENTE ESTABILIZADOR DE SUB-BASES GRANULARES

**TATIANA CAROLINA BLANCO DIAZ
YISETH PAOLA BRANGO NEGRETE
JOSE MIGUEL RIVERA GONZALEZ**

Universidad de la Costa, CUC

Barranquilla, Diciembre 2012



REUTILIZACION DEL DESECHO DE PVC COMO AGENTE ESTABILIZADOR DE SUB-BASES GRANULARES

**TATIANA CAROLINA BLANCO DIAZ
YISETH PAOLA BRANGO NEGRETE
JOSE MIGUEL RIVERA GONZALEZ**

Universidad de la Costa, CUC

Facultad de Ingenierías
Programa de Ingeniería Civil

Barranquilla, Diciembre 2012





UNIVERSIDAD DE LA COSTA, CUC
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

APROBACION DE PROYECTO POR PARTE DE ASESORES

Barranquilla, Diciembre 06 2012

Señor:
NAYIB MORENO RODRIGUEZ
DIRECTOR PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
Ciudad

El abajo firmante asesor del trabajo de grado titulado: REUTILIZACION DEL DESECHO DE PVC COMO AGENTE ESTABILIZADOR DE SUB-BASES GRANULARES.

Certifico que este ha sido evaluado, lográndose los alcances establecidos en la propuesta.

Cordialmente.

ASESOR TECNICO Y METODOLOGICO



MARGARETH GIOVANNA GUITIERREZ TORRES



UNIVERSIDAD DE LA COSTA, CUC
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

APROBACION DE PROYECTO POR PARTE DE JURADOS Y EVALUADOR

Barranquilla, Diciembre 06 2012

Señor:
NAYIB MORENO RODRIGUEZ
DIRECTOR PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
Ciudad

El abajo firmante jurado evaluador del trabajo de grado titulado: REUTILIZACION DEL DESECHO DE PVC COMO AGENTE ESTABILIZADOR DE SUB-BASES GRANULARES.

Certifico que este ha sido evaluado teniendo en cuenta el proceso general, contenido, aporte y metodología, obteniendo la calificación:

Atentamente

JORGE ELIAS BUZON OJEDA

AGRADECIMIENTOS

Mi primer y principal agradecimiento se lo debo a Dios, por haberme dado la oportunidad de poder culminar mi carrera y seguir avanzando cada día en este proceso que elegí como profesional. A mis padres, por su apoyo, compañía, dedicación y por creer en que podía seguir adelante a pesar de las dificultades y obstáculos. A Margareth Gutiérrez por su apoyo, conocimiento, paciencia, confianza y guía para avanzar en este camino de crecimiento.

TATIANA CAROLINA BLANCO DIAZ

Mi principal agradecimiento es para Dios por brindarme la oportunidad de terminar mis estudios universitarios, y proyectarme como una excelente profesional. A mis padres por todo el sacrificio, dedicación y paciencia durante todo este proceso de formación. A mi tío David Negrete por todo su apoyo incondicional y la confianza que deposito en mí. Y a toda mi familia que a pesar de las dificultades siempre fue mi pilar de apoyo.

YISETH PAOLA BRANGO NEGRETE

Después de muchos días y mucho esfuerzo hemos terminado el proyecto para optar al título de ingeniero civil. En este momento, es de justicia reconocer el trabajo y la dedicación de todas las personas que han participado en él. La dedicación ha llevado, en muchos casos, a dejar para otro momento otras actividades y ocupaciones que también requerían de su atención y esfuerzo. Primero quiero agradecerle a Dios, por permitirme ser lo que soy hasta el día de hoy y por permitirme alcanzar este logro tan importante en mi vida. Segundo a mi madre, que ha sido esa persona que lo ha dado todo por mí, me ha formado como la persona con valores que soy, con su ayuda he alcanzado este logro. También quiero agradecerles a todos mis familiares que de una u otra forma me ayudaron a seguir adelante y no desfallecer, y así poder alcanzar mi mayor logro hasta el día de hoy ser un profesional.

JOSE MIGUEL RIVERA GONZALEZ

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	9
1.1 OBJETIVOS DE LA TESIS	9
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
1.3 JUSTIFICACION.....	10
1.4 DELIMITACIONES.....	10
1.1.1 DELIMITACIONES TEMPORALES	10
1.1.2 DELIMITACIONES ESPACIALES.....	10
1.5 LIMITACIONES.....	10
1.6 ESTRUCTURA DE LA TESIS.....	11
2. MARCO CONCEPTUAL.....	12
2.1 MATERIALES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACION DE UN PAVIMENTO	13
2.2 ESTABILIZACION DE SUELOS	16
3. METODOS DE CARACTERIZACION DE LOS MATERIALES.....	18
4. REPRESENTACION Y COMPARACION DE LOS MATERIALES	26
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS	41
6. CONCLUSIONES.....	46
7. BIBLIOGRAFÍA	48

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Sección de un pavimento flexible	12
Figura2.2. Sección de un pavimento Rígido	13
Figura2.3. Sección de un Pavimento Articulado	13
Figura4.1Localización de la cantera de extracción de material de sub-base utilizado para pruebas.	26
Figura4.2. Curva granulométrica de la sub-base ensayada, con límite superior e inferior requerido por la norma Invias	28
Figura4.3. Densidad seca vs humedad para hallar la densidad seca máxima y la humedad optima de nuestra sub-base granular ensayada.....	31
Figura4.4. Densidad seca vs humedad, para hallar la densidad seca máxima y la humedad optima de nuestra sub-base granular ensayada.....	33
Figura4.5. Densidad seca vs porcentaje de humedad según numero de golpes de compactación.	36
Figura4.6. Deformación vs esfuerzo para 12 golpes de compactación.....	37
Figura4.7. Deformación vs esfuerzo para 26 golpes de compactación.....	38
Figura4.8. Deformación vs esfuerzo para 55 golpes de compactación.....	39
Figura4.9. CBR vs Densidad seca.....	40
Figura 5.1 Grafica comparativa de la humedad vs el numero de golpe, de la mezcla sin aditivo y con aditivos.	43
Figura 5.2 Grafica comparativa de la densidad seca vs el número de golpe, de la mezcla sin aditivo y con aditivos.....	44
Figura 5.3Grafica comparativa de CBR vs la muestra.....	45

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1. Sub-base para pavimento flexible y para pavimento rígido.....	15
Tabla 3.1. Granulometría para Sub-bases.....	19
Tabla 3.2. Franjas Granulométricas del material de sub-bases.....	19
Tabla 3.3Valores máximos y mínimos para los factores con que se calcula el índice de grupos	20
En la Tabla 3.4Comportamiento y aplicación de los suelos Error! No se encuentra el origen de la referencia.....	21
Tabla 3.5Presiones medidas para diferentes penetraciones del pistón en el material patrón para el ensayo de CBR.	25
Tabla 4.1. Parámetros de comparación para sub-bases granulares según Invias.....	27
Tabla 4.2. Resultados ensayo de granulometría de la sub-base granular ensayada.....	27
Tabla 4.3. Datos tomados para hallar el porcentaje de fino de la sub-base granular ensayada.....	28
Tabla 4.4. Datos tomados para hallar el límite liquido de la sub-base granular ensayada	28
Tabla 4.5. Datos tomados para hallar el límite plástico de la sub-base granular ensayada y el índice de plasticidad.	29
Tabla 4.6. Peso específico de la sub-base granular ensayada.....	29
Tabla 4.7. Datos tomados para hallar la resistencia al desgaste de la sub-base granular ensayada.....	30
Tabla 4.8. Datos tomados para hallar la perdida de solidez de la sub-base granular ensayada.....	30
Tabla 4.9. Densidad seca y humedad de la muestra por número de prueba.....	31
Tabla 4.10. Densidad seca máxima y humedad optima de la sub-base granular ensayada	32
Tabla 4.11. Densidad seca y humedad de la muestra por número de prueba.....	32
Tabla 4.12. Densidad seca máxima y humedad optima de la sub-base granular ensayada.	33
Tabla 4.13. Cantidad de agua necesaria para obtener la humedad optima de nuestra sub-base granular ensayada	33
Tabla 4.14. Peso de las muestras ensayadas.	34
Tabla 4.15. Volumen de las muestras ensayadas.	34
Tabla 4.16. Peso y húmeda de las muestras ensayadas.	34
Tabla 4.17. Densidad húmeda y seca de la muestra en diferentes unidades de medida.	35
Tabla 4.18. Humedad y densidad seca de las muestras ensayadas según numero de golpes.....	35
Tabla 4.19. Datos necesarios para realizar cálculos de CBR.	36
Tabla 4.20. CBR para 12 golpes	37
Tabla 4.21. CBR para 26 golpes	38
Tabla 4.22. CBR para 55 golpes	39
Tabla 4.23. Cuadro de resultados de No. De golpes, CBR y densidad seca.	40
Tabla 5.1 Resultados de los ensayos de humedad y densidad seca de la muestra con y sin aditivo (PVC).....	42

1. INTRODUCCIÓN

Un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados con capacidad de resistir efectivamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmite durante el periodo para el cual fue diseñada (Montejo, 2008).

Los materiales granulares que conforman las capas superpuestas no se encuentran con facilidad en forma natural y de algún modo se deben ligar con materiales artificiales logrando que estas absorban los esfuerzos generados por el tránsito y eviten las deformaciones en el terreno contribuyendo a la durabilidad de la carretera. Estas funciones hacen que los materiales empleados en la estructura cumplan con unas especificaciones o normas que garanticen el buen funcionamiento de las capas granulares, logrando la resistencia deseada durante el periodo de diseño, en caso de que este material granular no cumpla se hace necesario aplicar técnicas de estabilización mejorando las propiedades de los suelos.

Esta investigación pretende abarcar la parte en la cual se analizaran materiales granulares normalmente utilizados aplicándole un proceso de estabilización mecánica al mezclarlas con un porcentaje de material plástico derivado del reciclaje de pvc por medio del método gráfico, esta mezcla de materiales tendrá uso en capas sub-bases con fines de pavimentación, determinando las características físicas y mecánicas de la mezcla, como: Granulometría, Límites de Atterberg, Resistencia (C.B.R.) y Durabilidad.

1.1 OBJETIVOS DE LA TESIS

En la presente investigación se buscó desarrollar un proceso metodológico para lograr la estabilización de sub-bases granulares utilizando el pvc reciclado en porcentajes como agente estabilizador.

Entre los objetivos de este trabajo se encuentran:

- Determinar las propiedades físico-mecánicas del material granular de sub-base
- Determinar las propiedades Físico - Mecánicas del material granular de sub-bases tipo 1 con fines de Pavimentación al estabilizarlo por mezcla de un material plástico producto del desecho y reciclaje del Pvc
- Analizar la capacidad portante del material granular de sub-base
- Analizar la capacidad portante de la mezcla de sub-base granular y material reciclado de pvc.

- Analizar y comparar resultados de los diferentes ensayos aplicados a la mezcla de sub-base granular con material reciclado de pvc, con los requisitos exigidos por la norma invias.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En este proyecto se implementará una estabilización de una sub-base granular tipo 1 que cumple con los requisitos exigidos en la norma, buscando mejorar su resistencia con la inclusión del reciclado de pvc. ¿Al mezclarla con un material plástico reciclable (PVC) lograremos mejorar su resistencia? Conociendo las características de ambos materiales, ¿Obtendremos un tercer material con características específicas dentro de los parámetros establecidos en la norma INVIAS?

1.3 JUSTIFICACION

La estructura de un pavimento es considerada como un sistema de capas múltiples, las cuales reciben el nombre de sub-rasante, sub-base, base y capa de rodadura. Los materiales que conforman dichas capas son grava, materiales de relleno y productos estabilizadores, los mismos que generan costos en ocasiones excesivos al momento de construcción de la estructura. Por dicha razón se ha buscado remplazar cierto porcentaje de tales materiales de las capas por otro material como el Policloruro de Vinilo (Pvc), el cual obtendríamos del reciclaje del mismo, en nuestro caso la empresa prestadora de servicio público Triple A, desecha grandes cantidades de este material producto del cambio e instalación de tuberías de alcantarillado que hacen a diario en la ciudad de Barranquilla. La utilización de este desecho disminuiría los costos por ser un material reciclado y contribuyendo en la contaminación ambiental. En este proyecto se trabajara con un material granular (sub-base) con un porcentaje de finos establecidos por el artículo 320-07 de INVIAS (SBG-1) y se implementara técnicas de estabilización mecánicas con un segundo material denominado Policloruro de Vinilo (Pvc) obtenido del proceso de reciclaje, tratando de mejorar la resistencia del suelo granular, disminuyendo su permeabilidad y haciéndolo más durable ante la erosión de las cargas generadas.

1.4 DELIMITACIONES

1.4.1. DELIMITACIONES TEMPORALES

El presente proyecto de investigación se llevo a cabo durante los meses de mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre, y noviembre. Durante este lapso de tiempo recopilamos la información y realizamos los ensayos pertinentes para obtener la conclusión del presente proyecto.

1.4.2. DELIMITACIONES ESPACIALES

El proyecto se realizo en la ciudad de Barranquilla, del departamento del Atlántico.

1.5 LIMITACIONES

En nuestro proyecto el principal obstáculo fue de carácter práctico, debido a que el material de sub-base usado se saturo demasiado consecuencia de la temporada de lluvia,

por lo tanto fue imposible someter a las pruebas de laboratorios, limitándonos el tiempo destinado para esta actividad dentro del cronograma inicial.

1.6 ESTRUCTURA DE LA TESIS

Este documento está organizado como se indica a continuación:

Capítulo 2. Aquí se presenta el marco conceptual, y la teoría que sustenta el desarrollo metodológico de los capítulos siguientes, incluyendo la teoría de pavimento y las definiciones de las capas de un pavimento.

Capítulo 3. Se enfoca en explicar los diferentes métodos de caracterización de los materiales y sus respectivos procesos para la realización de cada ensayo de laboratorio utilizado para determinar las propiedades físico-mecánicas de la mezcla realizada, los cuales se aplicarán en el presente trabajo.

Capítulo 4. Se describe el sitio de obtención del material ensayado, especificando la cantera y metodología utilizada para la toma de información y se estudian los diferentes resultados obtenidos luego de procesar y realizar los ensayos de laboratorios, logrando comparar dichos resultados con los parámetros especificados en la norma invias, según las metodologías desarrolladas en el marco conceptual.

Capítulo 5. Se explica el análisis realizado a cada prueba de laboratorio, para definir si nuestra mezcla cumple o no con las especificaciones de la norma invias

Capítulo 6. Finalmente, este capítulo resume las conclusiones y aportes más importantes derivadas del presente trabajo de investigación.

2. MARCO CONCEPTUAL

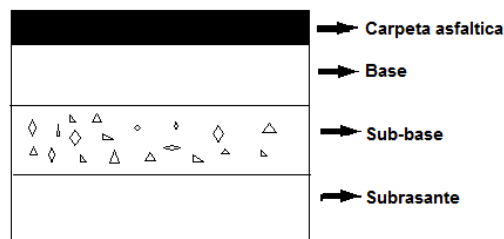
A continuación se presenta un marco conceptual de términos y definiciones que se estarán empleando a medida que avanza este documento.

En el podemos definir el pavimento como un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la sub-rasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el periodo para el cual fue diseñada la estructura de pavimento (Montejo, 2008).

Las capas de un pavimento dependen en gran medida del tipo de pavimento a diseñar, en nuestro medio los pavimentos según (Montejo, 2008) se clasifican en: pavimentos flexibles, pavimentos semi-rígidos o semi-flexibles, pavimentos rígidos y pavimentos articulados.

En el caso del pavimento flexible está constituido por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la sub-base. No obstante puede prescindirse de cualquiera de estas capas dependiendo de las necesidades particulares de cada obra.

Figura 2.1. Sección de un pavimento flexible



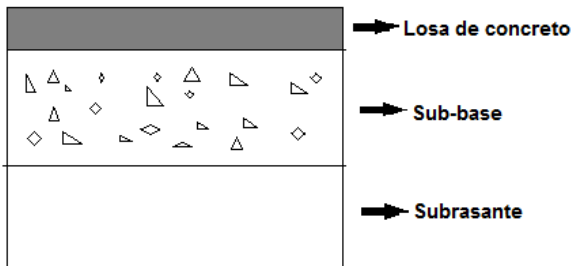
Fuente: Elaboración Propia

Por otra parte los pavimentos semi-rígidos guarda básicamente la misma estructura de un pavimento flexible, una de sus capas se encuentra rigidizada artificialmente con un aditivo que puede ser: asfalto, emulsión, cemento, cal o químicos. El empleo de estos aditivos tiene como finalidad básica de corregir o modificar las propiedades mecánicas de los materiales locales que no son aptos para la construcción de las capas del pavimento, teniendo en cuenta que los adecuados se encuentran a distancias tales que encarecerían notablemente los costos de construcción.

Entonces los pavimentos rígidos son aquellos que fundamentalmente están constituidos por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la sub-rasante o sobre una capa de material seleccionado, la cual se denomina sub-base del pavimento rígido. Donde

encontramos que la función principal de la sub-base es impedir la acción del bombeo en las juntas, grietas y extremos del pavimento, también está la de servir como capa de transición suministrando un apoyo uniforme, y estable capaz de controlar los cambios volumétricos de la subrasante y disminuir al mínimo la acción superficial de tales cambios sobre la superficie del pavimento.

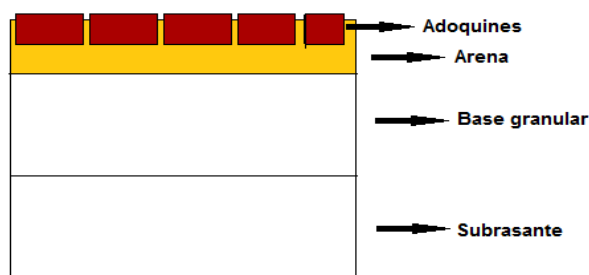
Figura2.2. Sección de un pavimento Rígido



Fuente: Elaboración Propia

Y por ultimo tenemos los pavimentos articulados, los cuales están compuestos por una capa de rodadura que está elaborada con bloques de concreto prefabricadas, llamados adoquines, de espesor uniforme e iguales entre sí. Esta puede ir sobre una capa delgada de arena la cual, a su vez, se apoya sobre una capa de base granular o directamente sobre la sub-rasante, dependiendo de la calidad de esta y de la magnitud y frecuencia de las cargas que circulan por dicho pavimento.

Figura2.3. Sección de un Pavimento Articulado



Fuente: Elaboración Propia

2.1 MATERIALES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACION DE UN PAVIMENTO

En la teoría de pavimentos nos especifican que las capas dependen del tipo de pavimento a diseñar, y esta conformación de capas es la que va a definir la resistencia a las cargas recibidas en toda su vida útil, las cuales están establecidas en los parámetros de diseños.

Por lo anterior se hace necesario definir cada una de las capas existentes en el pavimento y aclarar los tipos de materiales aptos según la norma que los rige. En el primer caso tenemos la base, que es la capa de pavimento con la función primordial de distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito, a la sub-base y a través de ésta a la sub-rasante, y es la capa sobre la cual se coloca la capa de rodadura. Las bases especificadas según (Coronado, 2002) son las siguientes:

BASE GRANULAR

Material constituido por piedra de buena calidad, triturada y mezclada con material de relleno o bien por una combinación de piedra o grava, con arena y suelo, en su estado natural. Todos estos materiales deben ser clasificados para formar una base integrante de la estructura de pavimento. Su estabilidad dependerá de la graduación de las partículas, su forma, densidad relativa, fricción interna y cohesión, y todas estas propiedades dependerán de la proporción de finos con respecto al agregado grueso.

BASE ESTABILIZADA

Es la capa formada por la combinación de piedra o grava trituradas, combinadas con material de relleno, mezclados con materiales o productos estabilizadores, preparada y construida aplicando técnicas de estabilización, para mejorar sus condiciones de estabilidad y resistencia, para constituir una base integrante del pavimento destinada fundamentalmente a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito, a la capa de sub-base.

SUB-BASE

Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento, de tal manera que la capa de sub-rasante la pueda soportar absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la sub-base. La sub-base debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el pavimento.

Se utiliza además como capa de drenaje y contralor de ascensión capilar de agua, protegiendo así a la estructura de pavimento, por lo que generalmente se usan materiales granulares. Al haber capilaridad en época de heladas, se produce un hinchamiento del agua, causado por el congelamiento, lo que produce fallas en el pavimento, si éste no dispone de una sub-rasante o sub-base adecuada. Esta capa de material se coloca entre la sub-rasante y la capa de base, sirviendo como material de transición, en los pavimentos flexibles.

Por medio de la Tabla 2.1. Sub-base para pavimento flexible y para pavimento rígido se define el concepto básico, y sus respectivas funciones. (Revista Ingeniería Universidad de Medellín, 2006)

Tabla 2.1. Sub-base para pavimento flexible y para pavimento rígido

Tipo de sub-base	Sub-base para pavimento flexible	Sub-base para pavimento rígido
Definición	Se refiere a la capa de materiales seleccionados que está entre la base y la sub-rasante	Capa comprendida entre la losa de concreto hidráulico y la sub-rasante
Función	<ul style="list-style-type: none"> • Transmitir de forma adecuada a la sub-rasante los esfuerzos que la base recibe del tránsito. • Formar una capa de transición entre los materiales finos de la sub-rasante y los gruesos de la base, evitando la contaminación e interpenetración de ellos. • Ayudar a disminuir los efectos perjudiciales de los cambios volumétricos de la sub-rasante. • Contribuir al drenaje de la estructura. • Reducir costos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar el fenómeno de bombeo, esto se refiere a la influencia del material fino con agua debido a la infiltración de la misma en las juntas de las losas. • Proporcionar superficie adecuada para el paso de los equipos de construcción. • Disminuir los efectos perjudiciales por los cambios volumétricos de la sub-rasante.

Fuente: (Revista Ingeniería Universidad de Medellín, 2006)

SUB-RASANTE

Está definida por (Londoño, 2004) como la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Esta capa puede estar formada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño.

El espesor de pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la sub-rasante, por lo que ésta debe cumplir con los requisitos de resistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad, por consiguiente, el diseño de un pavimento es esencialmente el ajuste de la carga de diseño por rueda a la capacidad de la sub-rasante.

Por lo anterior se puede afirmar que en la vida cotidiana de un ingeniero, se encuentra con suelos poco recomendados para realizar una obra de infraestructura vial, con las características mencionadas de cada una de las capas, las cuales tiene la responsabilidad

de decidir si abstenerse de usarlo y sustituirlo, o cambiar las propiedades mediante la estabilización.

2.2 ESTABILIZACION DE SUELOS

En los suelos tenemos varias opciones de estabilizar con el objetivo de lograr un comportamiento adecuado, dentro de los parámetros establecidos por la norma INVIAS.

En los cuales las propiedades de un suelo se pueden alterar por cualquiera de los siguientes métodos según (Montejo, 2006).

- Estabilización por medios mecánicos. Ej. Compactación
- Estabilización por drenaje
- Estabilización por medios eléctricos. Ej. Pilotes electromecánicos
- Estabilización por empleo de calor y calcinación
- Estabilización por medios químicos, generalmente lograda por la adicción de agentes estabilizantes específicos, como el cemento, la cal, el asfalto u otros.

En la estabilización de suelos encontramos la utilización de diferentes materiales como la cal, el cemento, el asfalto, resinas, u otros.

En el caso de esta investigación utilizamos el Policloruro de Vinilo como agente estabilizador, adicionándolo por medios mecánicos, compactación.

Al conocer las características del material será mucho más fácil analizar y determinar las propiedades a mejorar con la estabilización. Y en base a esto tenemos la definición del material a ensayar, que según (Liesa. Francisco, 1990). El monómero es el cloruro de vinilo $\text{CH}_2=\text{CHCL}$, Regnault lo obtuvo por primera vez en 1835 al hacer reaccionar acetileno con clorhídrico, conservando este producto gaseoso en un frasco herméticamente cerrado, se observó al cabo de unos meses que se convertía en un polvo blanco.

Hubo que esperar a que el fenómeno fuera interpretado como una polimeración bajo la acción de la luz solar, gracias a Herman Staudinger en 1922.

El Policloruro de vinilo es uno de los polímeros más estudiados y utilizados por el hombre para su desarrollo y confort, dado que por su amplia versatilidad es utilizado en áreas tan diversas como la construcción, energía, salud, preservación de alimentos y artículos de uso diario, entre otros.

El Policloruro de vinilo comúnmente conocido como PVC se presenta en su forma original como un polvo blanco, amorfo y opaco. Es inoloro, insípido e inodoro, además de ser resistente a la mayoría de los agentes químicos. Es ligero y no inflamable por lo que es clasificado como material no propagador de la llama. No se degrada, ni se disuelve en agua y además es totalmente reciclable. Los plásticos pesan poco. Tienen densidades bajas, en el rango de 830 a 2500 kg/m^3 , estas cifras pueden variar. Por ejemplo las espumas que pueden tener densidades de 10 kg/m^3 y los plásticos reforzados hasta 3500 kg/m^3 . Para tener un punto de comparación, el acero tiene una densidad de 7900 kg/m^3 y

el aluminio de 2700 kg/m³. Soportan esfuerzos mecánicos y regresan a su posición original.

Teniendo en cuenta la variabilidad de los suelos y la composición de los mismos, es de esperarse que cada método resulte solo aplicable a un número limitado de ellos.

En donde las propiedades de los suelos que deben ser tenidas en cuenta por el ingeniero, son las siguientes:

- Estabilidad volumétrica
- Resistencia
- Permeabilidad
- Compresibilidad
- Durabilidad

En el caso de esta investigación utilizamos la estabilización mecánica para lograr obtener las resistencias exigidas en las especificaciones dadas por la norma INVIAS aplicables a los parámetros permitidos para la sub-base granular. La cual se define a continuación en base a (Montejo Alfonso, 2006)

ESTABILIZACION MECANICA

Cuando se diseñan mezclas de suelos, para lograr con ellas unas determinadas propiedades deseables, la granulometría suele ser el requisito más relevante en la fracción gruesa, en tanto que la plasticidad lo es, naturalmente, en la fina.

El tamaño máximo de las partículas de la mezcla tiene importancia, puesto que tamaños demasiado grandes son difíciles de trabajar y producen superficies muy rugosas; una proporción demasiado grande de tamaños gruesos conduce a mezclas muy segregables. La presencia de contenidos importantes de materiales finos, menores que la malla 40, hace difícil lograr buenas características de resistencia y deformabilidad, además de que puede conducir a superficies demasiado lisas y fangosas, cuando están húmedas y pulverulentas, cuando están secas.

Cuando se decide por este tipo de solución, se supone que los materiales satisfacen los demás requisitos de calidad estipulados en las especificaciones (tritución, desgaste, solidez, etc.). En caso de disponerse de dos materiales, el procedimiento más sencillo para determinar las proporciones en que han de mezclarse para obtener un tercero de características especificadas, consiste en la elaboración de un gráfico a partir de la caracterización de los mismo, dicha caracterización se hace implementando métodos prácticos como la granulometría, Próctor, CBR y otros.

3. METODOS DE CARACTERIZACION DE LOS MATERIALES

En la caracterización de los materiales es necesario implementar métodos prácticos como la granulometría, clasificación del suelo, límites, Próctor, CBR, y otros ensayos que determinaran si los materiales cumplen o no con los parámetros establecidos en la norma para una estructura de pavimento.

En donde la granulometría se define como la división del suelo en diferentes fracciones seleccionadas de acuerdo al tamaño de las partículas. Una de las razones que han contribuido a la difusión de las técnicas granulométricas es que en cierto sentido, la distribución granulométrica proporciona un criterio de clasificación según su tamaño máximo (Rico, 1994)

Las propiedades físicas de los suelos grueso-granulares son función directa de su granulometría y su determinación es fundamental para establecer el comportamiento de las bases estabilizadas mecánicamente, su permeabilidad, el contenido necesario de productos estabilizadores, etc.

La determinación del tamaño de los granos se puede hacer a partir de dos procedimientos complementarios:

- Tamizado: Con la ayuda de una serie de mallas o tamices normalizados, este método se emplea para obtener las fracciones correspondientes a los tamaños mayores retenidos hasta el tamiz No.200.
- Sedimentación: Mediante un hidrómetro para tamaños menores del suelo que pasen el tamiz No.200. Por fortuna, la distribución de los tamaños de granos del suelo menores que 0,1 mm es poco importante en su comportamiento mecánico. Este depende principalmente de la plasticidad, que sí debe determinarse con precisión.

A manera de ilustración se presenta la Tabla 3.1, tomada del manual del INVIAS [Ref. 2] donde muestra la granulometría correspondiente a materiales para uso de sub-bases en estructuras de pavimento.

Tabla 3.1. Granulometría para Sub-bases

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA
Normal	Alternativo	SBG-1
50 mm	2"	100
37.5 mm	1 ½"	70-100
25 mm	1"	60-100
12.5 mm	1/2"	50-90
9.5 mm	3/8"	40-80
4.75 mm	No.4	30-70
2.0 mm	No.10	20-55
425 µm	No.40	10-40
75 µm	No.200	4-20

Fuente: INVIAS. Art.320, Aparte 320.2

En la Tabla 3.2. Franjas Granulométricas del material de sub-bases se describe los límites inferior y superior de material granular que debe pasar por cada tamiz según la norma Invias, Artículo 320, Aparte 320.1.

Tabla 3.2. Franjas Granulométricas del material de sub-bases

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA		
	ALTERNATIVO	SBG-1	SBG-2
50.0 mm	2"	100	
37.5 mm	1 ½"	70 - 95	100
25.0 mm	1"	60 - 90	75 – 95
12.5 mm	½"	45 - 75	55 – 85
9.5 mm	3/8"	40 - 70	45 – 75
4.75 mm	Nº 4	25 - 55	30 – 60
2.0 mm	Nº 10	15 - 40	20 – 45
425 µm	Nº 40	6 - 25	8 – 30
75 µm	Nº 200	2 - 15	2 – 15

Fuente: INVIAS. Art.320, Aparte 320.1

Luego de obtener la granulometría del material, se crea la necesidad e importancia de clasificarlo y de esta forma conocer sus propiedades y el tipo de material a tratar. Para que una clasificación de suelos sea efectiva, debe agrupar la infinita cantidad de suelos, que se presentan en la naturaleza, con base en sus propiedades mecánicas, por ser éstas las que limitan su utilización desde el punto de vista ingenieril, lo cual se debe lograr con

pruebas sencillas, de fácil ejecución, que se puedan realizar sin que intervengan apreciaciones subjetivas.

Existen dos métodos de la clasificación los cuales son: la clasificación de los suelos según la AASHTO y clasificación de suelos unificados USCS. (Londoño, 2004)

La clasificación de suelos según la AASHTO es uno de los sistemas de clasificación más antiguo y utilizado en la evaluación de suelos para la conformación de sub-rasantes de carreteras y terraplenes. Bajo este sistema se dividen los suelos en tres categorías:

- Granulares, cuando el 35% del suelo o menos pasa el tamiz 74 um(#200)
- Finos, si más del 35% pasa el tamiz 74 um (#200)
- Orgánicos

Las dos primeras categorías se dividen a su vez en siete grupos de acuerdo con las características de gradación y plasticidad. A su vez, algunos grupos se subdividen con el fin de caracterizar, aún más, los suelos con base en su plasticidad. En general, se puede decir que a medida que aumenta el número de la clasificación, de A-1 a A-7, disminuye la calidad del suelo como material para la construcción de carreteras. Esta clasificación se refina con base en el Índice de Grupo, definido así:

$$LG = (F - 35) [0,200 \div 0,005 (LL - 40)] + 0,010 (F - 15) (IP - 10) \quad (1)$$

Donde:

IG: Índice de Grupo.

F: Porcentaje que pasa el tamiz 74 um, expresado como un número entero.

IP: Índice Plástico.

LL: Límite Líquido.

Si el cálculo del IG da negativo se asume que es cero. El valor calculado se anota entre paréntesis después del grupo en que se ha clasificado el suelo, así: A - 2 - 6.

En la Tabla 3.3Valores máximos y mínimos para los factores con que se calcula el índice de grupos. Se describen los intervalos de los valores para cada límite e índice con los que debe cumplir nuestra muestra.

Tabla 3.3Valores máximos y mínimos para los factores con que se calcula el índice de grupos

FACTOR	VALORES ENTEROS	
	MINIMO	MAXIMO
F – 35	0	40
LL – 40	0	20
F – 15	0	40
IP – 10	0	20

Fuente: Londoño Naranjo, 3° Edición- 2004

En la Tabla 3.4 Comportamiento y aplicación de los suelos Error! No se encuentra el origen de la referencia.

Clase		Grupo	Comportamiento en vías	Características principales	Índice de grupo
Suelos grueso-granulares		A-1	Optimo	Bien gradado	0
		A-2	Satisfactorio	Mal gradado con finos	4 (máximo)
		A-3	Precario como ligante	Sin finos Elástico	0
Suelos fino-granulares	Limos	A-4	Precario por razón de hinchamiento debido a las lluvias	Limos y arcillas de baja plasticidad	8 (máximo)
		A-5	Contraindicado totalmente como base. Se puede tolerar como sub-base	Limos elásticos	12 (máximo)
		A-6	Contraindicado como base o sub-base	Arcillas inorgánicas de plasticidad media a alta	16 (máximo)
	Arcillas	A-7	Solo se emplea con fines especiales	La gran mayoría de arcillas inorgánicas y suelos orgánicos	20 (máximo)
Turba		A-8	No se debe usar	Suelos inorgánicos y turbas	

Fuente: Londoño Naranjo, 3° Edición- 2004

Clasificación de los suelos de la AASHTO y mezclas de suelo-agregado

Clasificación general	Materiales granulares 35% o menos pasa el tamiz 74 um (#200)							Materiales limo-arcilloso Más del 35% pasa el tamiz 74 um (#200)				
Clasificación por grupos	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7*	
	A-1 ^a	A-1 ^b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
% que pasa el: Tamiz 2,0 mm (#10) Tamiz 420 um (#40) Tamiz 74 um (#200)	50 máx.	50 máx.	51 min.									
	30 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 min.	36 min.	36 min.	36 min.	
Características de la fracción que pasa el tamiz 420 um: - Límite líquido -Índice de plasticidad	6 máx.		NP	40 máx. 10 máx.	41 máx. 10 máx.	40 máx. 11 min.	41 min. 11 min.	40 máx. 10 máx.	41 máx. 10 máx.	40 máx. 11 min.	41 min 11 mín.	
Índice de Grupo	0		0	0		4 máx.		8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.	
Tipos usuales de materiales constituyentes significativos	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena Limos y arcillas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Comportamiento como sub-rasante	Excelente a bueno							Moderado a pobre				

El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor que el límite líquido menos 30.
El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que el límite líquido menos 30.

Al caracterizar el tipo de suelo, surge el requisito de determinar los límites del suelo y así lograr establecer parámetros de comportamiento, en este caso se definirá los límites de Atterberg según Londoño (2004)

LÍMITES DE ATTERBERG

El contenido de humedad para el cual un suelo en estado líquido empieza a comportarse como un suelo semilíquido, recibe el nombre de Límite Superior de Flujo Viscoso.

El contenido de humedad en el que el suelo, debido a sucesivas reducciones de agua, comienza a comportarse de manera plástica, recibe el nombre de Límite Líquido. El siguiente límite, llamado Límite Plástico, se establece para el contenido de humedad en que el suelo comienza a comportarse como un sólido no plástico. Por último, existe un contenido de humedad por debajo del cual, el suelo no disminuye su volumen cuando pierde agua y recibe el nombre de Límite de Encogimiento.

Los contenidos de humedad que determinan los límites mencionados fueron establecidos arbitrariamente por Atterberg, de la siguiente manera:

Límite Líquido - LL: Es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo deja de comportarse como un fluido viscoso para comportarse como un material plástico sin presencia de cambio volumétrico.

Límite Plástico - LP: Es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo deja de comportarse como un material plástico para comportarse como un material semi-plástico con presencia de cambio volumétrico.

Límite de Contracción - LC: Es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo deja de comportarse como un material semi-plástico para convertirse en un material sólido sin presencia de cambio volumétrico y con presencia de fisuras.

Se han definido además otros límites a los que no se hace mención puesto que no son necesarios para la clasificación de suelos para uso en ingeniería. Con base en los límites anteriores se han definido otros parámetros, llamados Índices, de los cuales merece especial atención el Índice de Plasticidad.

Índice de Plasticidad - IP: Es la diferencia numérica entre los Límites Líquido y Plástico. Indica el rango del contenido de humedad dentro del cual un suelo posee plasticidad.

$$IP = LL - LP \quad (2)$$

Actividad

Se llama actividad de una arcilla -A-, la mayor o menor plasticidad en relación con el porcentaje de partículas con diámetro menor de 0,002 mm, presentes en el suelo.

Una arcilla normal tiene un A menor de 0,7.

Una arcilla activa tiene un A entre 0,7 y 1,5.

Una arcilla extraordinariamente activa tiene un A mayor de 1,5.

En un suelo plástico, la actividad mide la posibilidad de sufrir cambios de volumen como resultado de variaciones en el contenido de humedad.

Al tener claridad de los límites establecidos para un determinado suelo, continuamos a ensayarlo para determinar su resistencia bajo condiciones controladas por los siguientes ensayos realizados en el laboratorio.

MÉTODO PROCTOR

Consiste en compactar el material dentro de un molde metálico y cilíndrico, en varias capas y por la caída de un pistón. Existen dos variaciones del MÉTODO PROCTOR.

Próctor estándar o normal, con pistón de 5 ½ lbs., h = 12", N = 25 golpes y 3 capas a compactar. El molde de $\Phi = 4"$ y volumen 1/30 ft³.

Próctor modificado, con pistón de 10 lbs., h = 18", N = 25 golpes, y compactando en 5 capas, con el mismo molde.

ENSAYO DE CBR

El cual consiste en comparar la presión necesaria para penetrar un pistón, en una muestra de suelo dada, con la requerida para una muestra patrón. Donde el CBR de un suelo es la carga unitaria correspondiente a 0.1" ó 0.2" de penetración, expresada en por ciento en su respectivo valor estándar.

También se dice que mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controlada. El ensayo permite obtener un número de la relación de soporte, que no es constante para un suelo dado sino que se aplica solo al estado en el cual se encontraba el suelo durante el ensayo.

Definición de número CBR

El número CBR (o simplemente CBR), se obtiene de la relación de la carga unitaria (lbs. /pulg².) Necesaria para lograr una cierta profundidad de penetración del pistón de penetración (19.4 cm²) dentro de la muestra compactada de suelo a un contenido de humedad y densidad dadas con respecto a la carga unitaria patrón (lbs. /pulg².) Requerida para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra estándar de material triturado.

La prueba en el laboratorio consiste en medir la carga necesaria para hacer penetrar un pistón de 19,4 cm² de área en una muestra de suelo a una velocidad de 1,2 mm/mm, realizando lecturas de carga cada que se logre una penetración de 2,5 mm.

El valor del CBR es la relación, expresada como un porcentaje, entre la presión necesaria para que el pistón penetre los primeros 2,5 mm y la presión necesaria para obtener la misma penetración en el material patrón, que es un agregado triturado cuyo comportamiento ante el ensayo se indica en la Tabla 3.5

Tabla 3.5 Presiones medidas para diferentes penetraciones del pistón en el material patrón para el ensayo de CBR.

Penetración, mm	Presión Ejercida	
	MPa	Kgf/cm ²
2,5	6,9	70
5,0	10,3	105
7,5	13,0	133
10,0	15,8	161
12,5	17,9	182

Fuente Londoño Naranjo, 3° Edición- 2004

4. REPRESENTACION Y COMPARACION DE LOS MATERIALES

En este capítulo estudiaremos el comportamiento de los materiales ensayados en el laboratorio y observaremos cada uno de los resultados obtenidos dentro del proceso, realizando así comparaciones con cada una de las normas aquí mencionadas y miraremos si nuestro material ensayado, en este caso el Policloruro de vinilo (pvc) cumple con lo especificado en la norma invias.

Durante el desarrollo de este proceso se hizo una selección del material de sub-base a utilizar, recopilando información de las diferentes canteras de la ciudad donde podríamos obtener dicho material; llegando finalmente a la selección de la cantera Munárriz, de donde obtuvimos el material de sub-base para la realización de los diferentes ensayos.

Munárriz una empresa del sector minero dedicada a la explotación, transformación y comercialización de agregados pétreos que cumplen con las normas específicas para ser utilizados en los distintos sectores de la construcción. Los agregados o productos que ofrece Munárriz son gravas lavadas y trituradas, arena lavada y triturada destinada para la producción de concreto los cuales cumplen con la norma NTC 174.

Los usos de estos materiales son muy variados tales como adecuación de bases y sub bases, arena para levante de muro, gravas y arena para concreto de pavimentos y andenes, fundidas de entrepisos, materiales para carreteras, agregados para pavimentos asfálticos y rígidos, grava tritura para pavimentos de alto tráfico, y estructuras de obras civiles.

Figura4.1 Localización de la cantera de extracción de material de sub-base utilizado para pruebas.



Fuente: Google Earth

En la Tabla 4.1 se muestran los valores requeridos por la norma INVIAS con los que serán comparado nuestros resultados obtenidos en los ensayos.

Tabla 4.1. Parámetros de comparación para sub-bases granulares según Invias.

CARACTERISTICA	NORMA	VALOR	REQUERIDO
PORCENTAJE DE FINOS	I.N.V.E – 123	5%	-
LIMITE LIQUIDO	I.N.V.E – 125	15%	-
INDICE PLASTICIDAD	I.N.V.E – 126	2%	Menor o igual a 3
PESO ESPECIFICO	I.N.V.E – 128	2,6	-
RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES	I.N.V.E – 218	46%	Menor al 50%
PERDIDA DE SOLIDEZ EN SULFATO DE SODIO	I.N.V.E – 220	8%	Menor al 12%
CBR	I.N.V.E – 148	30,30%	20%, 30% o 40%

Fuente: Elaboración propia

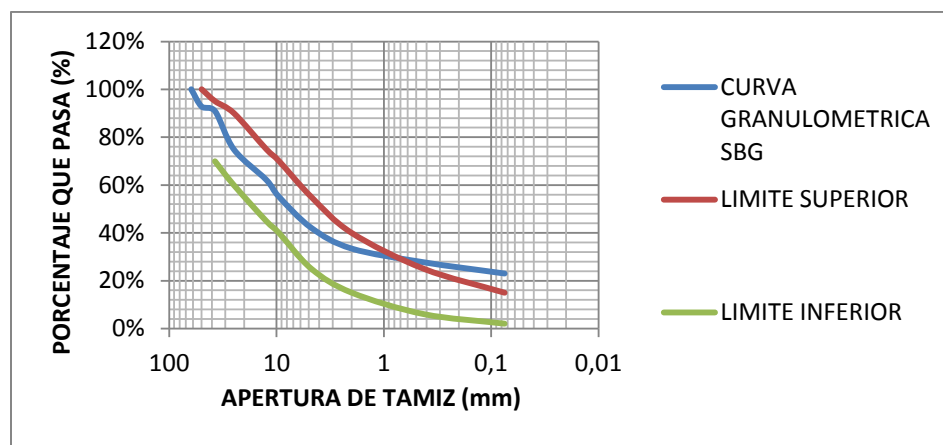
En la Tabla 4.2 se muestra la granulometría del material, el límite inferior y superior, el porcentaje que pasa por los diferentes tamices según artículo 320-07 de la norma INVIAS, apoyado en la grafica de curva granulometría mostrada en la Figura 4.2 de la sub-base ensayada y el porcentaje de fino del material ensayado.

Tabla 4.2. Resultados ensayo de granulometría de la sub-base granular ensayada.

NORMA: I.N.V E-123					
TAMIZ	ABERTURA DE TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
2 1/2"	62,5	0	0	0%	100%
2"	50	228	7%	7%	93%
1 1/2"	37,5	60	2%	9%	91%
1"	25	504	16%	25%	75%
1/2"	12,5	398	13%	38%	62%
3/8"	9,5	224	7%	45%	55%
N°4	4,75	408	13%	58%	42%
N°10	2	272	9%	67%	33%
N°40	0,425	180	6%	72%	28%
N°200	0,075	148	5%	77%	23%
FONDO		726	23%	100%	0%
TOTAL		3148	100%		

Fuente: Elaboración propia

Figura4.2. Curva granulométrica de la sub-base ensayada, con límite superior e inferior requerido por la norma Invias



En la Tabla 4.3 se muestran los datos medidos a nuestra muestra para hallar el porcentaje de fino, de igual forma se muestra el resultado.

Tabla 4.3. Datos tomados para hallar el porcentaje de fino de la sub-base granular ensayada

NORMA I.N.V.E - 123	
W MUESTRA ANTES DE LAVAR SOBRE TAMIZ N° 200	120
W MUESTRA DESPUES DE LAVAR SOBRE TAMIZ N° 200	114
% DE FINO	5%

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4.4. Datos tomados para hallar el límite líquido de la sub-base granular ensayada. Se muestra los valores medidos a nuestra muestra para calcular el límite líquido e igualmente se muestra el valor del límite líquido.

Tabla 4.4. Datos tomados para hallar el límite líquido de la sub-base granular ensayada

NORMA I.N.V.E - 125	
W HUMEDA	30
W SECA	25.5
LIMITE LIQUIDO	15%

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4.5. Datos tomados para hallar el límite plástico de la sub-base granular ensayada y el índice de plasticidad. Se muestra los valores medido a nuestra muestra para calcular el límite plástico e igualmente se muestra el valor del límite plástico. De igual forma se muestra el valor del índice plástico.

Tabla 4.5. Datos tomados para hallar el límite plástico de la sub-base granular ensayada y el índice de plasticidad.

NORMA I.N.V.E - 126	
W HUMEDA	30
W SECA	26
LIMITE PLASTICO	13%
INDICE DE PLASTICIDAD	2%

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4.6. Peso específico de la sub-base granular ensayada. Se muestran los valores medidos a nuestra muestra, necesario para hallar el valor de la gravedad específica.

Tabla 4.6. Peso específico de la sub-base granular ensayada.

NORMA: I.N.V E-128	
Wmw (gr) =	58,2
Wms (gr) =	46,4
Wpic (gr)	168,5
Wpic+H2O (gr) =	665,5
T1 (°C) =	29
Wpic+H2O+SBG1 (gr) =	694,07
T2 (°C) =	29
$\delta_o(29^{\circ}\text{C})$ (gr/cm3) =	0,99595
Wm (gr) =	525,57
Ww (gr) =	479,17
WH2O (gr) =	497
VH2O (cm3) =	499,02
Vm (cm3) =	499,02
Vw (cm3) =	481,12
Vs (cm3) =	17,9
Ss =	2,6

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4.7. Datos tomados para hallar la resistencia al desgaste de la sub-base granular ensayada. Se muestra la resistencia al desgaste del material (maquina de los ángeles), perdida de solidez, Próctor estándar y Próctor modificado apoyado de las graficas de los mismos del material ensayado.

Tabla 4.7. Datos tomados para hallar la resistencia al desgaste de la sub-base granular ensayada.

NORMA I.N.V.E – 218	
W MUESTRA ANTES DE ENSAYARLA (gr)	5000
W MUESTRA SECA ENSAYADA DESPUES DE LAVADA (gr)	2700
RESISTENCIA AL DESGASTE	46%

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4.8. Datos tomados para hallar la perdida de solidez de la sub-base granular ensayada. Se muestran los valores medidos a nuestra muestra necesarios para hallar el valor de la perdida de solidez.

Tabla 4.8. Datos tomados para hallar la perdida de solidez de la sub-base granular ensayada.

NORMA I.N.V.E – 220	
W MUESTRA ANTES DE SUMERGIRLA EN SULFATO DE SODIO (gr)	200
TIEMPO DE INMRESION (HORAS)	16
W MUESTRA SECA DESPUES DE TRES CICLOS (gr)	184.3
PERDIDA DE SOLIDEZ	8%

Fuente: Elaboración propia

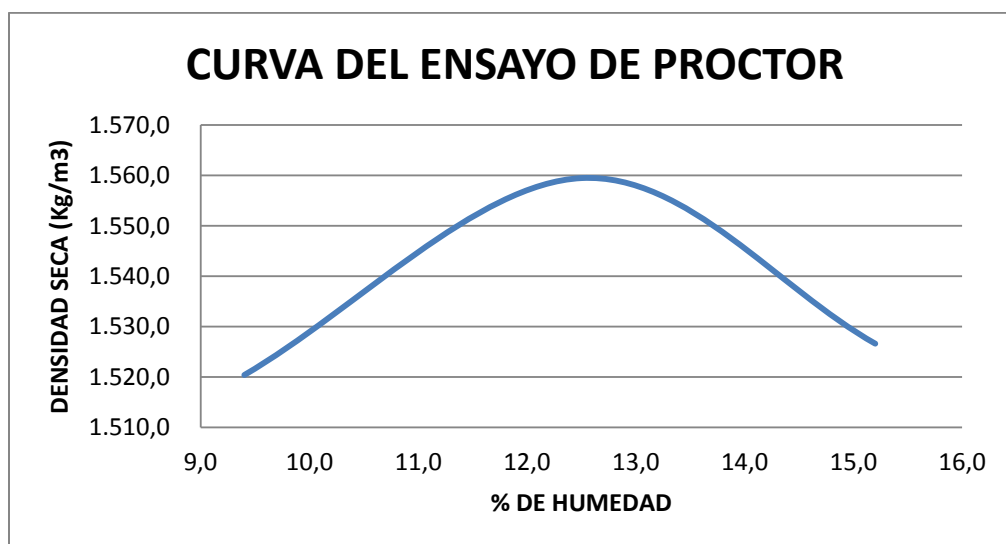
En la Tabla 4.9. Densidad seca y humedad de la muestra por número de prueba. Se muestran los datos recopilados después de realizar el ensayo de Próctor estándar.

Tabla 4.9. Densidad seca y humedad de la muestra por número de prueba.

PRUEBA No.	1	2	3
No. DE GOLPES	25	25	25
HUMEDAD DESEADA (%)	9,5	12,5	15,5
HUMEDAD DE LA MUESTRA (%)	7,5	7,5	7,5
HUMEDAD ADICIONAL (%)	2	5	8
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (grs)	2700	2700	2700
PESO DE LA MUESTRA SECA (grs)	2511,63	2511,63	2511,63
AGUA ADICIONAL (cc)	54	135	216
PESO DE LA MIUESTRA HUMEDA Y MOLDE (grs)	3624	3710	3714
PESO DEL MOLDE (grs)	2054	2054	2054
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (grs)	1570	1656	1660
% DE HUMEDAD	9,4	12,5	15,2
PESO DE LA MUESTRA SECA (grs)	1435,1	1472	1440,97
PESO DE LA MUESTRA SECA (lbs.)	3,16	3,24	3,18
VOLUMEN DEL MOLDE (pies3)	0,03333333	0,03333333	0,03333333
DENSIDAD DE LA MUESTRA SECA (lbs./pie3)	94,9	97,3	95,3
DENSIDAD DE LA MUESTRA SECA (Kg/m3)	1.520,40	1.559,50	1.526,60

Fuente: Elaboración propia

Figura4.3. Densidad seca vs humedad para hallar la densidad seca máxima y la humedad optima de nuestra sub-base granular ensayada.



En la Tabla 4.10. Densidad seca máxima y humedad optima de la sub-base granular ensayada, se muestra la densidad seca máxima y humedad óptima de la muestra ensayada después de realizar el ensayo de Próctor estándar.

Tabla 4.10. Densidad seca máxima y humedad optima de la sub-base granular ensayada

DENSIDAD MAXIMA (Kg/m3)	1559,49
HUMEDAD ÓPTIMA (%)	12,5

Fuente: Elaboración propia

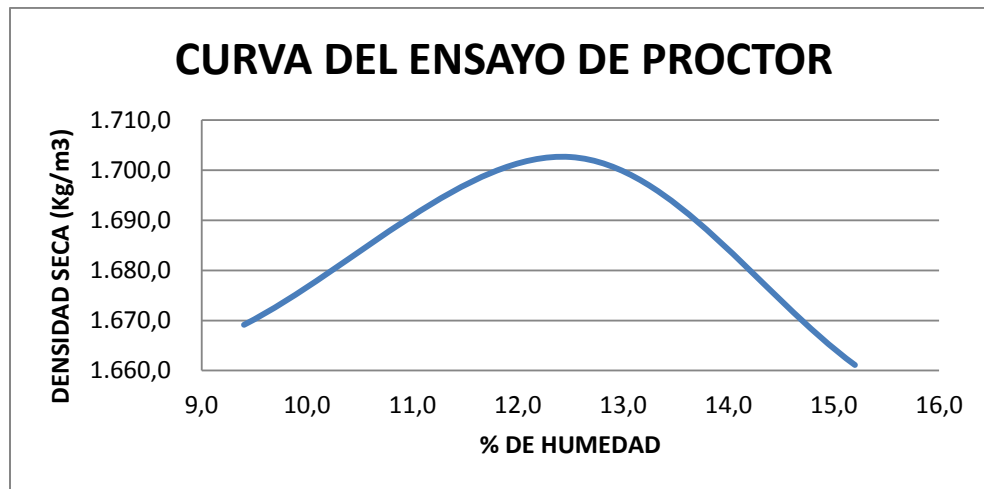
En la Tabla 4.11. Densidad seca y humedad de la muestra por número de prueba. Se muestran los resultados obtenidos del ensayo de Próctor modificado.

Tabla 4.11. Densidad seca y humedad de la muestra por número de prueba.

PRUEBA No.	1	2	3
No. DE GOLPES	55	55	55
HUMEDAD DESEADA (%)	9,5	12,5	15,5
HUMEDAD DE LA MUESTRA (%)	7,5	7,5	7,5
HUMEDAD ADICIONAL (%)	2	5	8
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (grs)	6000	6000	6000
PESO DE LA MUESTRA SECA (grs)	5581,4	5581,4	5581,4
AGUA ADICIONAL (cc)	120	300	480
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE (grs)	6579	6769	6765
PESO DEL MOLDE (grs)	2700	2700	2700
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (grs)	3879	4069	4065
% DE HUMEDAD	9,4	12,5	15,2
PESO DE LA MUESTRA SECA (grs)	3545,7	3616,89	3528,65
PESO DE LA MUESTRA SECA (lbs.)	7,81	7,97	7,78
VOLUMEN DEL MOLDE (pies3)	0,07501875	0,07501875	0,07501875
DENSIDAD DE LA MUESTRA SECA (lbs./pie3)	104,2	106,3	103,7
DENSIDAD DE LA MUESTRA SECA (Kg/m3)	1.669,10	1.702,60	1.661,10

Fuente: Elaboración propia

Figura4.4. Densidad seca vs humedad, para hallar la densidad seca máxima y la humedad optima de nuestra sub-base granular ensayada.



En la Tabla 4.12. Densidad seca máxima y humedad optima de la sub-base granular ensayada. Se muestran los resultados obtenidos del ensayo de Próctor modificado.

Tabla 4.12. Densidad seca máxima y humedad optima de la sub-base granular ensayada.

DENSIDAD MAXIMA (Kg/m3)	1702,62
HUMEDAD ÓPTIMA (%)	12,5

Fuente: Elaboración propia

De la Tabla 4.13. Cantidad de agua necesaria para obtener la humedad optima de nuestra sub-base granular ensayada a la Tabla 4.18. Humedad y densidad seca de las muestras ensayadas según numero de golpes. Tabla 4.22. CBR para 55 golpes Se muestran los datos necesarios para hallar las densidades de nuestra muestra, al igual se muestran los valores medidos a nuestra muestra necesarios para obtener los resultados.

Tabla 4.13. Cantidad de agua necesaria para obtener la humedad optima de nuestra sub-base granular ensayada

Nº GOLPES	W MUESTRA INICIAL	% W OPTIMO	W AGUA (grs)
12	5000	12,5	625
26			
55			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.14. Peso de las muestras ensayadas.

	W MUESTRA HUMEDA	
Nº GOLPES	(grs)	(Lbs.)
12	4910	10,81
26	5650	12,44
55	6250	13,77

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.15. Volumen de las muestras ensayadas.

	Cm	Pies
DIAMETRO CAMISA	15,4	0,51
ALTURA	17,2	0,56
	cm2	pies2
AREA	186,27	0,20
	cm3	pies3
VOLUMEN DE MUESTRA	3203,8	0,11

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.16. Peso y húmeda de las muestras ensayadas.

	W MUESTRA COMPACTADA + RECIPIENTE		
Nº GOLPES	HUMEDA	SECA	%W
12	29,5	26,7	12,17
26	34,2	30,8	12,55
55	43,3	38,8	12,82

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.17. Densidad húmeda y seca de la muestra en diferentes unidades de medida.

Nº GOLPES	DENSIDAD (grs/cm3)		DENSIDAD (lbs. / pie3)	
	HUMEDA	SECA	HUNEDA	SECA
12	1,5	1,4	95,6	85,22
26	1,8	1,6	110,0	97,73
55	2,0	1,7	121,7	107,85

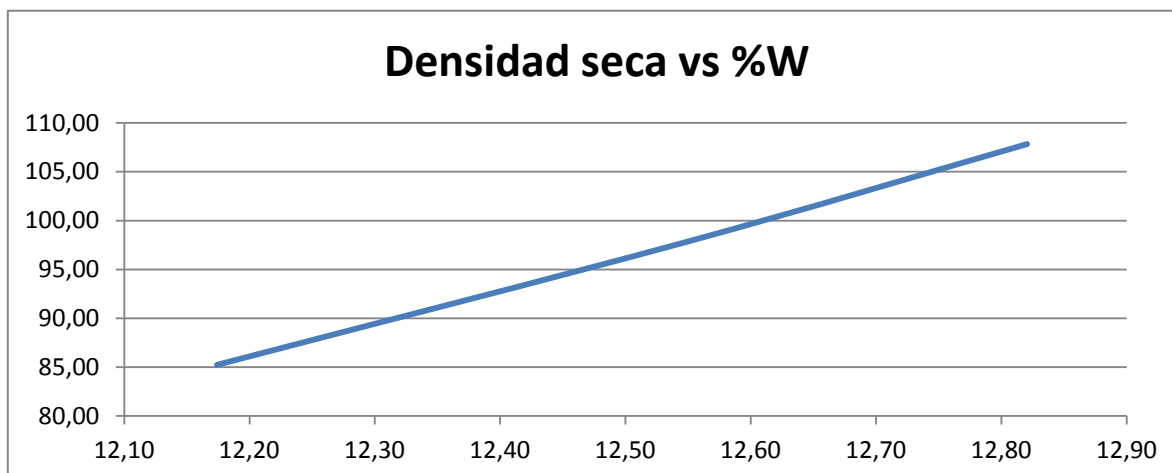
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.18. Humedad y densidad seca de las muestras ensayadas según numero de golpes.

Nº GOLPES	%W	DENSIDAD SECA (lbs. / pie3)
12	12,17	85,22
26	12,55	97,73
55	12,82	107,85

Fuente: Elaboración propia

Figura4.5. Densidad seca vs porcentaje de humedad según numero de golpes de compactación.



De la Tabla 4.19. Datos necesarios para realizar cálculos de CBR. A la Tabla 4.22. CBR para 55 golpes se muestran los resultados del ensayo de CBR. Y los valores medidos a la muestra necesarios para obtener los resultados.

Tabla 4.19. Datos necesarios para realizar cálculos de CBR.

CTE. ANILLO	3,712
ESFUERZO PATRON 0.1	1000
ESFUERZO PATRO 0.2	1500

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.20. CBR para 12 golpes

c1 (12 golpes)

DEFORMACION (in)	LECT. DIAL	ESFUERZO (lb/in2)
0,005	4	4,949
0,025	32	39,595
0,050	98	121,259
0,075	150	185,600
0,100	215	266,027
0,125	250	309,333
0,150	275	340,267
0,175	298	368,725
0,200	322	398,421
0,300	360	445,44

Fuente: Elaboración propia

CBR 0,1 (%)= 26,603 Ok

CBR 0,2 (%)= 26,561

Figura4.6. Deformación vs esfuerzo para 12 golpes de compactación.

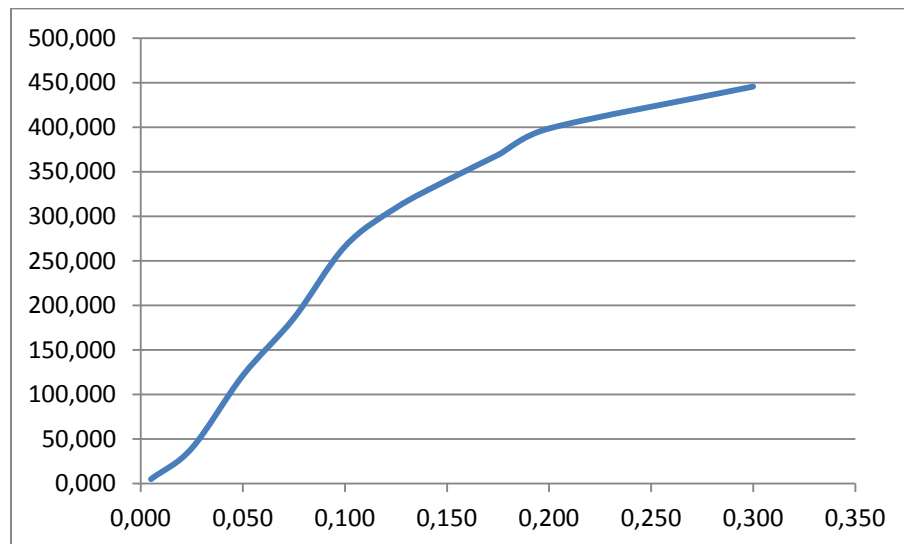


Tabla 4.21. CBR para 26 golpes

c2 (26 golpes)

DEFORMACION (in)	LECT. DIAL	ESFUERZO (lb/in2)
0,005	6	7,424
0,025	49	60,629
0,050	105	129,920
0,075	195	241,280
0,100	240	296,960
0,125	275	340,267
0,150	305	377,387
0,175	335	414,507
0,200	359	444,203
0,300	388	480,085

Fuente: Elaboración propia

CBR 0,1 (%)= 29,696 ok

CBR 0,2 (%)= 29,614

Figura4.7. Deformación vs esfuerzo para 26 golpes de compactación.

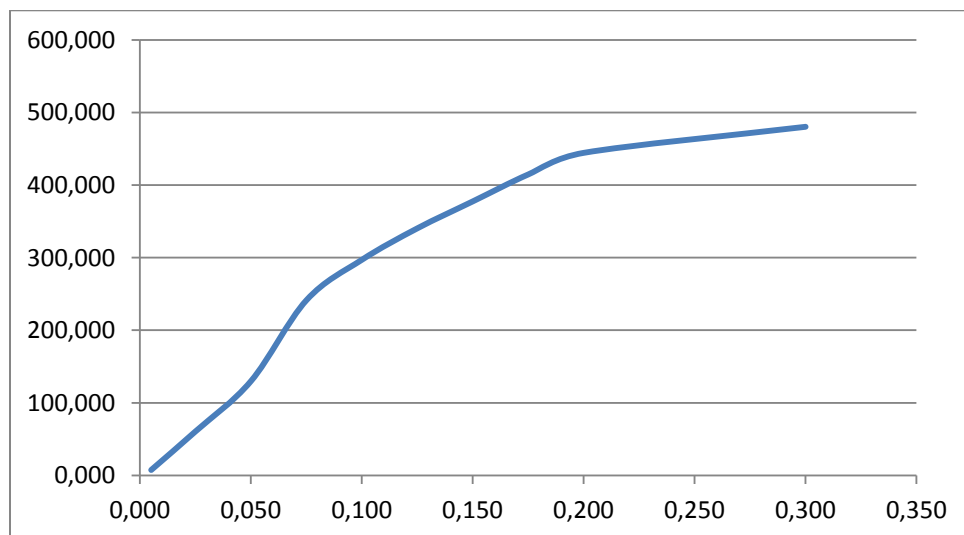


Tabla 4.22. CBR para 55 golpes

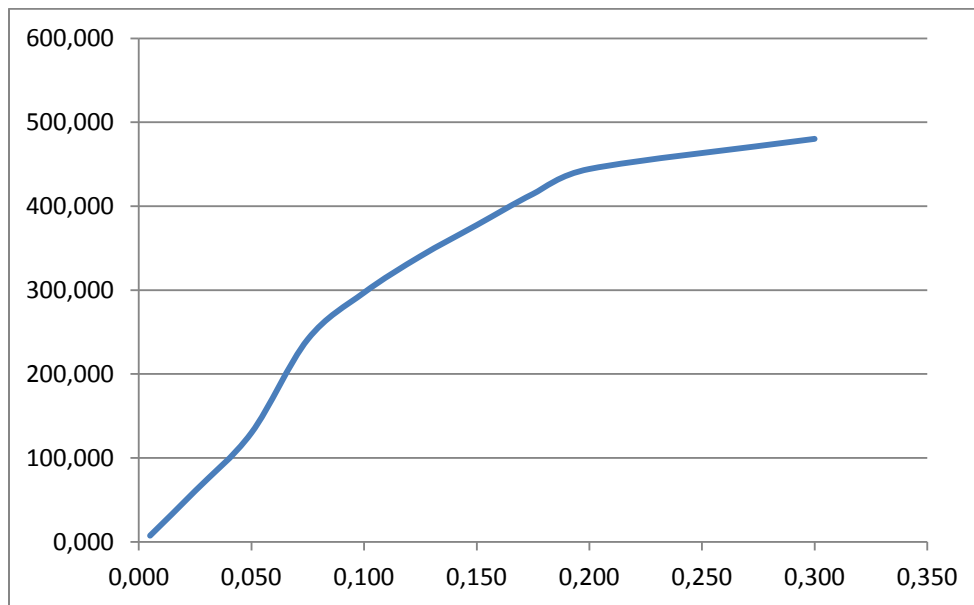
c3 (55 golpes)

DEFORMACION (in)	LECT. DIAL	ESFUERZO (lb/in2)
0,005	9	11,136
0,025	75	92,800
0,050	125	154,667
0,075	200	247,467
0,100	280	346,453
0,125	310	383,573
0,150	338	418,219
0,175	365	451,627
0,200	385	476,373
0,3	408	504,832

Fuente: Elaboración propia

CBR 0,1 = 34,645 ok
 CBR 0,2 = 31,758

Figura4.8. Deformación vs esfuerzo para 55 golpes de compactación.



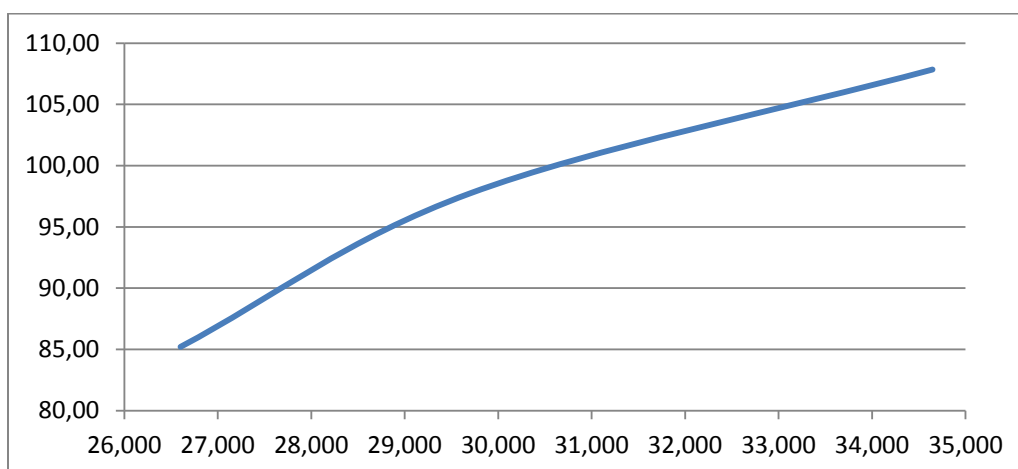
En la Tabla 4.23. Cuadro de resultados de No. De golpes, CBR y densidad seca. Se muestra los valores obtenidos de los ensayos de CRB y de densidad seca.

Tabla 4.23. Cuadro de resultados de No. De golpes, CBR y densidad seca.

Nº GOLPES	CILINDRO	CBR (%)	DENSIDAD SECA (lbs./pie3)
12	1	26,603	85,22
26	2	29,696	97,73
55	3	34,645	107,85

Fuente: Elaboración propia

Figura4.9. CBR vs Densidad seca.



5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El material granular utilizado como Sub-base en un principio cumplió con los parámetros de la norma Invias para ser utilizado como Sub-base.

Después de realizado los ensayos los resultados nos arrojan que el material de Sub-base tiene una granulometría bien degradada, tiene partículas de todos los tamaños, lo que permite una buena compactación, al incluir el material de pvc a la Sub-base, la cantidad de material de pvc incluido en su totalidad pasa el tamiz numero doscientos.

Nuestro material granular de Sub-base contiene un mínimo porcentaje de finos, con un porcentaje de 5% cumple con lo requerido en la norma INVE 123.

Los límites del material ensayado, como limite liquido, limite plástico y en su defecto el índice de plasticidad cumple con lo requerido con la norma.

El material de Sub-base es resistente a la abrasión y a la perdida de solidez, las cálculos nos arrojaron resistencia a la abrasión 46% norma INVE 128 permite menor a 50% es decir cumplimos y perdida de solidez 8% y la norma INVE 220 permite menor a 12%, es decir también cumplimos.

El valor de CBR obtenido para la Sub-base sin el aditivo fue de 30.3%, valor permitido basándonos en los parámetros de la norma INVE 148.

Los resultados de la mezcla de Sub-base granular y reciclado de pvc obtenidos después de realizar los respectivos ensayos y cálculos fueron los siguientes.

En base a la Tabla 5.1 Resultados de los ensayos de humedad y densidad seca de la muestra con y sin aditivo (PVC) y de un análisis podemos decir que nuestro material a medida que vamos aumentando los porcentajes de inclusión de material de reciclado de pvc va perdiendo humedad y densidad. Lo contrario sucede con la resistencia a la penetración esta va aumentando solo con el 2% de inclusión de pvc este disminuye, pero a medida que va aumentando el porcentaje de pvc en la mezcla su resistencia aumenta, el valor mínimo requerido por la norma es de 30 norma INVE 148.

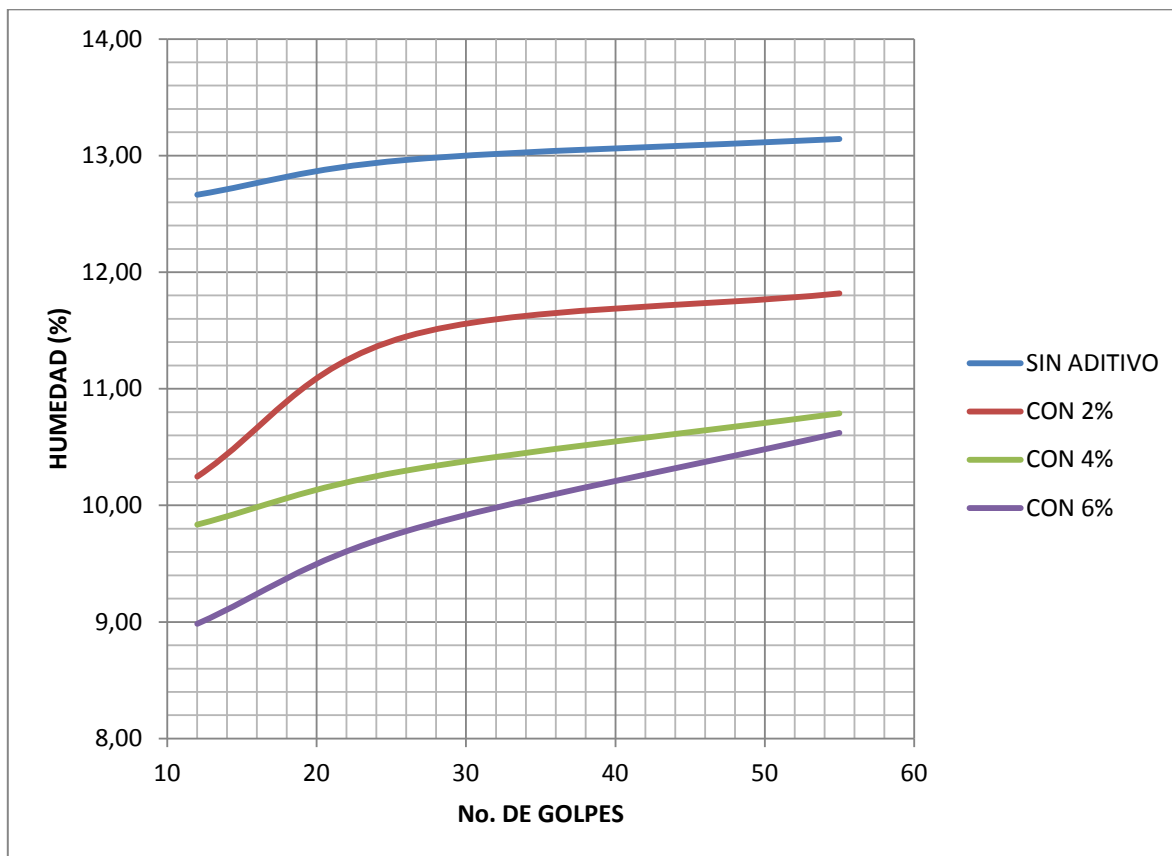
Tabla 5.1 Resultados de los ensayos de humedad y densidad seca de la muestra con y sin aditivo (PVC)

	MUESTRA	1	2	3	4
PROPIEDAD	No. GOLPES	SIN ADITIVO	CON 2%	CON 4%	CON 6%
HUMEDAD (%)	12	12,66	10,25	9,84	8,98
	26	12,96	11,45	10,30	9,78
	55	13,14	11,82	10,79	10,62
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	12	1,36	1,36	1,34	1,33
	26	1,56	1,55	1,53	1,51
	55	1,72	1,71	1,69	1,52
CBR (%)		30,3%	25,6%	55,3%	72,1%

Fuente: Elaboración propia

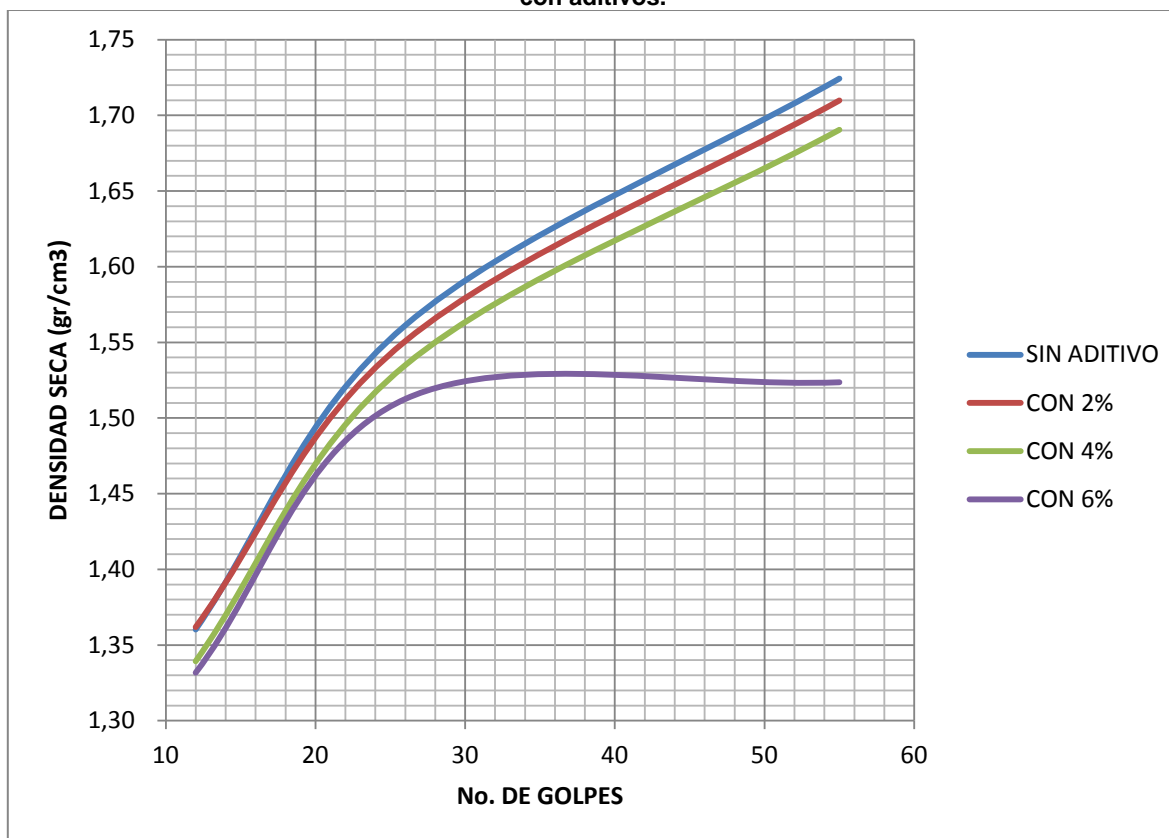
En la Tabla 5.1 Resultados de los ensayos de humedad y densidad seca de la muestra con y sin aditivo (PVC). Podemos ver gráficamente lo plasmado en la tabla 54 como pierde la humedad el material de estudio a medida que vamos aumentando la inclusión de pvc, y también nos permite observar como aumenta la humedad a medida que aumentamos el número de golpe en cada muestra ensayada.

Figura 5.1 Grafica comparativa de la humedad vs el numero de golpe, de la mezcla sin aditivo y con aditivos.



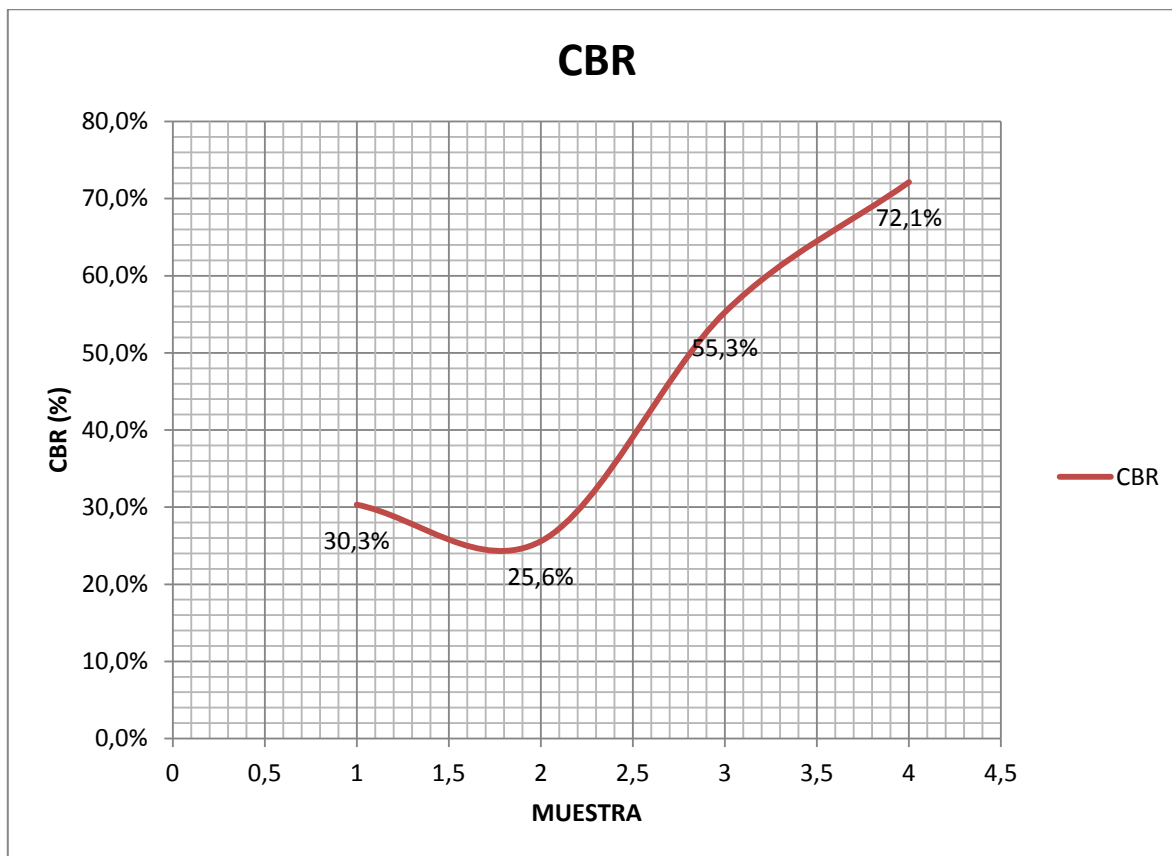
En la **¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida.** podemos ver gráficamente lo plasmado en la Tabla 5.1 como pierde la densidad el material de estudio a medida que vamos aumentando la inclusión de pvc, y también nos permite observar como aumenta la densidad a medida que aumentamos el numero de golpe en cada muestra ensayada, esto no sucede cuando incluimos el 6% la densidad a medida que aumentamos el numero de golpes disminuye.

Figura 5.2 Grafica comparativa de la densidad seca vs el número de golpe, de la mezcla sin aditivo y con aditivos.



En la **¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida.** podemos ver gráficamente lo plasmado en la Tabla 5.1 Resultados de los ensayos de humedad y densidad seca de la muestra con y sin aditivo (PVC), en donde observamos como el valor va creciendo a medida que aumentamos el porcentaje de inclusión de pvc, mientras que ocurre una excepción cuando incluimos el 2% de pvc.

Figura 5.3 Grafica comparativa de CBR vs la muestra.



6. CONCLUSIONES

Al implementar la estabilización de una sub-base granular nos encontramos con que esta posee una baja resistencia para soportar las cargas impuestas por el tránsito. Es por esto que se hace necesario incluir un material con las características apropiadas para mejorar las propiedades de la sub-base, en nuestro caso el material empleado es el reciclado de pvc.

Al incluir el desecho de PVC se cataloga como un producto resistente que no se ve afectado por humus, líquidos corrosivos, soluciones ácidas, soluciones básicas, soluciones salinas, solventes y productos químicos; además, es resistente a las agresiones producidas por el ambiente, a diferencia de otros estabilizadores la impermeabilidad del pvc es una ventaja ya que en nuestra Sub-base no se presentarían infiltraciones ni absorción de humedad y de llegar a presentarse, el tiempo necesario para que esta sea evacuada será muy corto.

Las características propias del material estudiado proporcionan al suelo estabilizado, un mejor comportamiento ante los ataques que enfrenta cuando es usado para conformar estructuras de pavimentos, nuestro material es fino su totalidad pasa el tamiz número doscientos (200), es decir son partículas la mayoría con un diámetro promedio de 0.075 mm, partículas de diminuto tamaño que proporcionan a la Sub-base una buena estabilidad debido a la acomodación de las partículas que existe entre el material en polvo y la Sub-base granular.

En el desarrollo del proyecto se determinó que el aditivo de desecho de PVC mejora el CBR de un material granular tipo Sub-base a partir del 4% hasta el 6%, caso en el cual mantiene las propiedades originales, se comprobó que al incluir porcentajes mayores de 6% de pvc en la Sub-base esta pierde densidad, debido a que el material de desecho es liviano. Al reemplazar cierto porcentaje de la Sub-base por el material de reciclaje de pvc, la estructura pierde peso, por lo que al momento de realizar el ensayo de densidad, ambos materiales son compactados en un recipiente de volumen constante, y sabemos que la densidad es la relación entre el peso y el volumen que lo contiene, al ser el volumen constante y disminuir el peso de la mezcla de material granular para Sub-base y pvc, la mezcla pierde densidad.

Se nota que a medida que aumentábamos el porcentaje de inclusión de material de desecho de pvc la resistencia a la penetración aumentaba, pero por lo dicho anteriormente no se debe incluir porcentajes mayores de 6% a la Sub-base para su estabilización. Otra razón por la que no debemos incluir porcentajes mayores al ya nombrado, es como sabemos el pvc es un material impermeable, al incluir porcentajes altos de material de desecho de pvc estaremos volviendo impermeable nuestra estructura de pavimento en estudio, al volverse esta impermeable la compactación de esta mezcla sería complicado, y no se conseguiría una mezcla homogénea, lo traería repercusiones en nuestro pavimento.

La mezcla analizada de material granular y desecho de PVC, cumplió con los requerimientos de resistencia exigidos en pavimentos por la norma Invias que es la norma que rige en nuestro país además de esto proporciona una superficie de apoyo a la base granular o a la losa de concreto y aligera el peso que debe soportar la sub-rasante, además de todas estas ventajas en el ámbito económico existiría un ahorro debido a que la cantidad de material granular para Sub-base sería menor, ya que un porcentaje de este será remplazado.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Arredondo Francisco y Verdú, Compactación de terrenos: terraplenes y pedraplenes: teoría y práctica.
- Buzón Ojeda Jorge, informe de resultados de la investigación: “uso del cuesco de la palma africana en la elaboración de bloques de mortero y su comportamiento cuando son usados en la construcción de muros de mampostería no estructurales. Estructuras viales, facultad de ingenierías – programa de ingeniería civil. Corporación Universitaria de la Costa, Cuc.
- BRAJA M, DAS. (2001) Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. Thompson Learning Editor. ISBN 970-686-061-4.
- Crespo Villalaz Carlos, Mecánica de Suelos y Cimentaciones 5a Ed.
- Castells Xavier Elías, Reciclaje de residuos industriales.
- Cornish Álvarez, maría, El ABC de los plásticos, Universidad Iberoamericana; 1997.
- Coronado Iturbide Jorge, Manual centroamericano para diseño de pavimentos, noviembre de 2,002.
- Fredy Alberto Reyes Lizcano, Diseño racional de pavimentos.

- Influencia de la inclusión de desecho de Pvc sobre el CBR de un material tipo sub-base, Revista Ingeniería Universidad de Medellín, Julio-Diciembre 2006.
- Instituto tecnológico geo-minero de España, Manual de reutilización de residuos de la industria minera, siderometalúrgica y termoeléctrica.
- Juárez Badillo – Rico Rodríguez, Mecánica de suelos tomo 1, fundamentos de mecánica de suelos, editorial Limusa, año 2005.
- L. D. Childs, J. W. Kapernick, Tests of concrete pavements on crushed stone sub-bases.
- Liesa, Francisco / Bilurbina alter, Luis. Materiales no metálicos. Resistentes a la corrosión; Marcombo S.A. 1º edición 1990.
- Londoño Naranjo, Cipriano Alberto. Diseño, Construcción y mantenimiento de pavimentos de concreto / 3º Edición / Cipriano Alberto Londoño Naranjo; Instituto Colombiano de Productores de Cemento. – 3º Edición – Medellín: ICPC, 2004.
- Montejo Fonseca Alfonso, Ingeniería de Pavimentos. Fundamentos, Estudios Básicos y Diseño; 3ª Edición 2006.
- Newcomb David E, Björn Birgisson, Measuring in Situ Mechanical Properties, of pavement Subgrade Soils.
- Nicholas J. Garber, Lester A. Hoel ,Ingeniería de Tránsito Y Carretera.
- Rodríguez Rico, A. y Del Castillo, H. (1994) La ingeniería de suelos en vías terrestres, Volumen I. Editorial Limusa, pp.24.
- Rodríguez, Alfonso Rico Ingeniería de suelos en las vías terrestres: carreteras, ferrocarriles y aeropistas, volumen 1.
- Reynolds Vicent D., M.B.A., P.E., Métodos De la Compactación Del Campo para los Suelos.



UNIVERSIDAD DE LA COSTA, CUC
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

Yo, TATIANA CAROLINA BLANCO DIAZ, manifiesto en este documento mi voluntad de ceder a la Universidad de la Costa los derechos patrimoniales, consagrados en el artículo 72 de la Ley 23 de 1982, del trabajo final de grado denominado REUTILIZACION DEL DESECHO DE PVC COMO AGENTE ESTABILIZADOR SUB-BASES GRANULARES, producto de mi actividad académica para optar el título de INGENIERO CIVIL en la Universidad de la Costa, entidad académica sin ánimo de lucro, queda por lo tanto facultada para ejercer plenamente los derechos anteriormente cedidos en su actividad ordinaria de investigación, docencia y publicación. La cesión otorgada se ajusta a lo que establece la Ley 23 de 1982. Con todo, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada con arreglo al artículo 30 de la Ley 23 de 1982. En concordancia suscribo este documento en el momento mismo que hago entrega del trabajo final a la Biblioteca Central de la Universidad de la Costa, CUC

TATIANA CAROLINA BLANCO DIAZ 1.140.815.565

NOMBRE

CEDULA

FIRMA

Barranquilla, D.E.I.P., a los 06 días del mes de Diciembre del 2012.

"Los derechos de autor recaen sobre las obras científicas, literarias y artísticas en las cuales se comprenden las creaciones del espíritu en el campo científico, literario y artístico, cualquiera que sea el modo o forma de expresión y cualquiera que sea su destinación, tales como: los libros, folletos y otros escritos; las conferencias, alocuciones, sermones y otras obras de la misma naturaleza; las obras dramáticas o dramático-musicales; las obras coreográficas y las pantonimias; las composiciones musicales con letra o sin ella; las obras cinematográficas a las cuáles se asimilan las obras expresadas por procedimiento análogo a la cinematografía, inclusive los video gramas, las obras de dibujo, pintura, arquitectura, escultura, grabado, litografía; las obras fotográficas a las cuales se asimilan las expresas por procedimiento análogo o la fotografía; las obras de artes plásticas; las ilustraciones, mapas, planos, croquis y obras plásticas relativas a la geografía, a la topografía, a la arquitectura o a las ciencias, en fin, toda producción del dominio científico, literario o artístico que puedan producirse o definirse por cualquier forma de impresión o de reproducción, por fonografía o radiotelefonía o cualquier otro medio conocido o por conocer". (Artículo 2 de la Ley 23 de 1982).



UNIVERSIDAD DE LA COSTA, CUC
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

Yo, YISETH PAOLA BRANGO NEGRETE, manifiesto en este documento mi voluntad de ceder a la Universidad de la Costa los derechos patrimoniales, consagrados en el artículo 72 de la Ley 23 de 1982, del trabajo final de grado denominado REUTILIZACION DEL DESECHO DE PVC COMO AGENTE ESTABILIZADOR SUB-BASES GRANULARES, producto de mi actividad académica para optar el título de INGENIERO CIVIL en la Universidad de la Costa, entidad académica sin ánimo de lucro, queda por lo tanto facultada para ejercer plenamente los derechos anteriormente cedidos en su actividad ordinaria de investigación, docencia y publicación. La cesión otorgada se ajusta a lo que establece la Ley 23 de 1982. Con todo, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada con arreglo al artículo 30 de la Ley 23 de 1982. En concordancia suscribo este documento en el momento mismo que hago entrega del trabajo final a la Biblioteca Central de la Universidad de la Costa, CUC

YISETH PAOLA BRANGO NEGRETE

1.045.684.300

NOMBRE

CEDULA

FIRMA

Barranquilla, D.E.I.P., a los 06 días del mes de Diciembre del 2012.

"Los derechos de autor recaen sobre las obras científicas, literarias y artísticas en las cuales se comprenden las creaciones del espíritu en el campo científico, literario y artístico, cualquiera que sea el modo o forma de expresión y cualquiera que sea su destinación, tales como: los libros, folletos y otros escritos; las conferencias, alocuciones, sermones y otras obras de la misma naturaleza; las obras dramáticas o dramático-musicales; las obras coreográficas y las pantonimias; las composiciones musicales con letra o sin ella; las obras cinematográficas a las cuáles se asimilan las obras expresadas por procedimiento análogo a la cinematografía, inclusive los video gramas, las obras de dibujo, pintura, arquitectura, escultura, grabado, litografía; las obras fotográficas a las cuales se asimilan las expresas por procedimiento análogo o la fotografía; las obras de artes plásticas; las ilustraciones, mapas, planos, croquis y obras plásticas relativas a la geografía, a la topografía, a la arquitectura o a las ciencias, en fin, toda producción del dominio científico, literario o artístico que puedan producirse o definirse por cualquier forma de impresión o de reproducción, por fonografía o radiotelefonía o cualquier otro medio conocido o por conocer". (Artículo 2 de la Ley 23 de 1982).



UNIVERSIDAD DE LA COSTA, CUC
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

Yo, JOSE MIGUEL RIVERA GONZALEZ, manifiesto en este documento mi voluntad de ceder a la Universidad de la Costa los derechos patrimoniales, consagrados en el artículo 72 de la Ley 23 de 1982, del trabajo final de grado denominado REUTILIZACION DEL DESECHO DE PVC COMO AGENTE ESTABILIZADOR SUB-BASES GRANULARES, producto de mi actividad académica para optar el título de INGENIERO CIVIL en la Universidad de la Costa, entidad académica sin ánimo de lucro, queda por lo tanto facultada para ejercer plenamente los derechos anteriormente cedidos en su actividad ordinaria de investigación, docencia y publicación. La cesión otorgada se ajusta a lo que establece la Ley 23 de 1982. Con todo, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada con arreglo al artículo 30 de la Ley 23 de 1982. En concordancia suscribo este documento en el momento mismo que hago entrega del trabajo final a la Biblioteca Central de la Universidad de la Costa, CUC

JOSE MIGUEL RIVERA GONZALEZ

1.140.833.966

NOMBRE

CEDULA

FIRMA

Barranquilla, D.E.I.P., a los 06 días del mes de Diciembre del 2012.

"Los derechos de autor recaen sobre las obras científicas, literarias y artísticas en las cuales se comprenden las creaciones del espíritu en el campo científico, literario y artístico, cualquiera que sea el modo o forma de expresión y cualquiera que sea su destinación, tales como: los libros, folletos y otros escritos; las conferencias, alocuciones, sermones y otras obras de la misma naturaleza; las obras dramáticas o dramático-musicales; las obras coreográficas y las pantonimias; las composiciones musicales con letra o sin ella; las obras cinematográficas a las cuáles se asimilan las obras expresadas por procedimiento análogo a la cinematografía, inclusive los video gramas, las obras de dibujo, pintura, arquitectura, escultura, grabado, litografía; las obras fotográficas a las cuales se asimilan las expresas por procedimiento análogo o la fotografía; las obras de artes plásticas; las ilustraciones, mapas, planos, croquis y obras plásticas relativas a la geografía, a la topografía, a la arquitectura o a las ciencias, en fin, toda producción del dominio científico, literario o artístico que puedan producirse o definirse por cualquier forma de impresión o de reproducción, por fonografía o radiotelefonía o cualquier otro medio conocido o por conocer". (Artículo 2 de la Ley 23 de 1982).



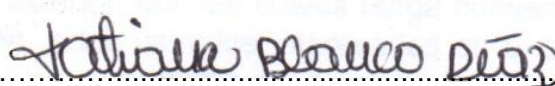
UNIVERSIDAD DE LA COSTA, CUC
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

Yo, TATIANA CAROLINA BLANCO DIAZ, mayor de edad, identificado con la cédula de ciudadanía N° 1.140.815.565, de Barranquilla, actuando en nombre propio, en mi calidad de autor del trabajo de tesis, monografía o trabajo de grado denominado: REUTILIZACION DEL DESECHO DE PVC COMO AGENTE ESTABILIZADOR DE SUB-BASES GRANULARES, hago entrega del ejemplar respectivo y de sus anexos de ser el caso, en formato digital o electrónico (CD ROM) y autorizo a la UNIVERSIDAD DE LA COSTA, para que en los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia, utilice y use en todas sus formas, los derechos patrimoniales de reproducción, comunicación pública, transformación y distribución (alquiler, préstamo público e importación) que me corresponden como creador de la obra objeto del presente documento. PARÁGRAFO: La presente autorización se hace extensiva no sólo a las facultades y derechos de uso sobre la obra en formato o soporte material, sino también para formato virtual, electrónico, digital, óptico, usos en red, Internet, extranet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

EL AUTOR - ESTUDIANTES, manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y la realizó sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es de su exclusiva autoría y detenta la titularidad ante la misma. PARÁGRAFO: En caso de presentarse cualquier reclamación o acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión, EL ESTUDIANTE - AUTOR, asumirá toda la responsabilidad, y saldrá en defensa de los derechos aquí autorizados; para todos los efectos, la Universidad actúa como un tercero de buena fe.

Para constancia se firma el presente documento en dos (02) ejemplares del mismo valor y tenor, en Barranquilla D.E.I.P., a los 06 días del mes de Diciembre de Dos Mil Doce 2012

EL AUTOR - ESTUDIANTE.


.....

Nombre: TATIANA CAROLINA BLANCO DIAZ

C.C. N° 1.140.815.565 de Barranquilla



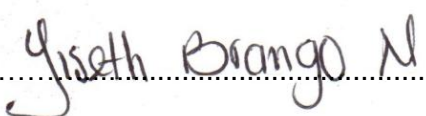
UNIVERSIDAD DE LA COSTA, CUC
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

Yo, YISETH PAOLA BRANGO NEGRETE, mayor de edad, identificado con la cédula de ciudadanía N° 1.045.684.300, de Barranquilla, actuando en nombre propio, en mi calidad de autor del trabajo de tesis, monografía o trabajo de grado denominado: REUTILIZACION DEL DESECHO DE PVC COMO AGENTE ESTABILIZADOR DE SUB-BASES GRANULARES, hago entrega del ejemplar respectivo y de sus anexos de ser el caso, en formato digital o electrónico (CD ROM) y autorizo a la UNIVERSIDAD DE LA COSTA, para que en los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia, utilice y use en todas sus formas, los derechos patrimoniales de reproducción, comunicación pública, transformación y distribución (alquiler, préstamo público e importación) que me corresponden como creador de la obra objeto del presente documento. PAARÁGRAFO: La presente autorización se hace extensiva no sólo a las facultades y derechos de uso sobre la obra en formato o soporte material, sino también para formato virtual, electrónico, digital, óptico, usos en red, Internet, extranet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

EL AUTOR - ESTUDIANTES, manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y la realizó sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es de su exclusiva autoría y detenta la titularidad ante la misma. PARÁGRAFO: En caso de presentarse cualquier reclamación o acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión, EL ESTUDIANTE - AUTOR, asumirá toda la responsabilidad, y saldrá en defensa de los derechos aquí autorizados; para todos los efectos, la Universidad actúa como un tercero de buena fe.

Para constancia se firma el presente documento en dos (02) ejemplares del mismo valor y tenor, en Barranquilla D.E.I.P., a los 06 días del mes de Diciembre de Dos Mil Doce 2012

EL AUTOR - ESTUDIANTE.


.....

Nombre: YISETH PAOLA BRANGO NEGRETE

C.C. N° 1.045.684.300 de Barranquilla



UNIVERSIDAD DE LA COSTA, CUC
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

Yo, JOSE MIGUEL RIVERA GONZALEZ, mayor de edad, identificado con la cédula de ciudadanía N° 1.140.833.966, de Barranquilla, actuando en nombre propio, en mi calidad de autor del trabajo de tesis, monografía o trabajo de grado denominado: REUTILIZACION DEL DESECHO DE PVC COMO AGENTE ESTABILIZADOR DE SUB-BASES GRANULARES, hago entrega del ejemplar respectivo y de sus anexos de ser el caso, en formato digital o electrónico (CD ROM) y autorizo a la UNIVERSIDAD DE LA COSTA, para que en los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia, utilice y use en todas sus formas, los derechos patrimoniales de reproducción, comunicación pública, transformación y distribución (alquiler, préstamo público e importación) que me corresponden como creador de la obra objeto del presente documento. PAARÁGRAFO: La presente autorización se hace extensiva no sólo a las facultades y derechos de uso sobre la obra en formato o soporte material, sino también para formato virtual, electrónico, digital, óptico, usos en red, Internet, extranet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

EL AUTOR - ESTUDIANTES, manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y la realizó sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es de su exclusiva autoría y detenta la titularidad ante la misma. PARÁGRAFO: En caso de presentarse cualquier reclamación o acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión, EL ESTUDIANTE - AUTOR, asumirá toda la responsabilidad, y saldrá en defensa de los derechos aquí autorizados; para todos los efectos, la Universidad actúa como un tercero de buena fe.

Para constancia se firma el presente documento en dos (02) ejemplares del mismo valor y tenor, en Barranquilla D.E.I.P., a los 06 días del mes de Diciembre de Dos Mil Doce 2012

EL AUTOR - ESTUDIANTE.

Nombre: JOSE MIGUEL RIVERA GONZALEZ

C.C. N° 1.140.833.966 de Barranquilla